

LAPORAN PENELITIAN

PENGARUH MEDIA DALAM LAHAN BASAH BUATAN TIPE *SUBSURFACE FLOW SYSTEM* TERHADAP *E.COLI*

Ketua Peneliti

Dr. Ir. Diana Hendrawan, MSi

Anggota Peneliti

1. Dr.Melati Ferianita Fachrul, MS
2. Ir. Bambang Iswanto, MT
3. Ir. Pramianti Purwaningrum, MT



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSEKAP & TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JULI 2014**

RINGKASAN

Lahan basah buatan adalah teknologi sederhana untuk menurunkan pencemaran lingkungan dengan cara pengolahan air tercemar dengan menggunakan tanaman dan mikroorganisme atau fitoremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik dan efisiensi lahan basah buatan dalam menurunkan pencemar, mengetahui jenis dan peran mikroorganisme dalam lahan basah buatan tipe *Sub Surface Flow System* (SSF), melihat hubungan antara media terhadap peran mikroorganisme dalam mendegradasi pencemar. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juli 2014 bertempat di Kelurahan Srengseng Sawah dengan membangun reaktor uji lahan basah buatan tipe SSF. Media yang dipakai adalah top soil yang dicampur kompos, pasir dan kerikil. Air limbah yang dipakai berasal dari grey water permukiman. Media yang terdiri atas kerikil, pasir, *topsoil* dicampur dengan kompos, pasir dan lumpur dengan tanaman *Typha latifolia* dan jenis mikroorganisme yang teridentifikasi seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* dan *Staphylococcus* memperlihatkan kinerja yang baik pada proses penguraian bahan pencemar yang masuk. Efisiensi kinerja lahan basah buatan untuk mereduksi pencemar $\geq 90\%$. Air limbah dapat diturunkan sampai di bawah baku mutu menurut Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003. Media lahan basah buatan yang terdiri topsoil yang diberi kompos, pasir dan kerikil berpengaruh positif terhadap keberadaan mikroorganisme. Tanah mineral merupakan bahan kompleks inert bagi organisme hidup. Dengan pemberian kompos mineral dalam tanah meningkat dan dapat meningkatkan mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Keberadaan jamur non-patogen dan bakteri membantu berkembangnya sistem perakaran yang sehat dengan cara melepaskan elemen penting untuk diserap oleh akar dan menekan pertumbuhan mikroorganisme penyebab penyakit.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kesempatan, kemampuan fisik dan psikis dalam melaksanakan penelitian sampai dengan selesainya laporan penelitian ini. Penelitian ini diilhami dari semakin banyaknya permasalahan lingkungan akibat berubahnya tatanan air dilihat dari segi kualitas maupun kuantitas, yang akibatnya terjadi bencana terkait air seperti timbulnya berbagai macam penyakit terkait air. Namun sebenarnya pencemaran dapat dikurangi dengan menggunakan ekoteknologi seperti lahan basah buatan. Penelitian berjudul **PENGARUH MEDIA DALAM LAHAN BASAH BUATAN TIPE *SUBSURFACE FLOW SYSTEM* TERHADAP *E.COLI*** bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan efisiensi lahan basah buatan dalam menurunkan pencemar, mengetahui jenis dan peran mikroorganisme dalam lahan basah buatan tipe *Sub Surface Flow System* (SSF), melihat hubungan antara media terhadap peran mikroorganisme dalam mendegradasi pencemar.

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam penerapan teknologi pengolahan air limbah domestik dengan model reaktor 2 tahap berbasis proses yang dapat mengurangi pencemaran. Bagi masyarakat, penelitian ini memberikan manfaat dalam pengembangan teknologi tepat guna untuk mengolah air limbah domestik dengan meniru dari ekosistem alamikatan partisipasi, perencanaan dan pembuat kebijakan pada semua level

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Trisakti yang telah membiayai pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Kami mengharapkan adanya masukan dari berbagai pihak. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Jakarta, Juli 2014

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Hal
Ringkasan	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	1
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1. Air Limbah Domestik.....	2
2.2. Mikroorganisme dalam Lahan Basah Buatan.....	5
Lahan Basah Buatan	6
2.3. Proses Pengolahan dalam Lahan Basah Buatan.....	7
BAB III : METODE PENELITIAN	10
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2. Metode Penelitian	10
3.3. Analisis Data	13
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Gambaran Umum Lokasi Studi.....	14
4.2. Karakteristik Air Limbah.....	16
4.3. Penyisihan pencemar dan Perbaikan Kualitas Air.....	17
4.4. Mikroorganisme yang Terdapat di Lahan Basah Buatan	18
4.5. Peran Media dalam Penyisihan Pencemar	20
4.6. Hubungan antara Media dan Mikroorganisme dalam Mendegradasi Pencemar	22
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	24
5.1. Kesimpulan	24
5.2. Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Greywater merupakan air limbah yang berasal dari kamar mandi, air cuci pakaian, air cuci piring dan dapur. Sampai saat ini, umumnya *greywater* dari permukiman penduduk belum diolah dan masih dibuang langsung ke saluran drainase. Dampak yang nyata dari masuknya air limbah domestik adalah timbulnya berbagai penyakit terkait air seperti tipus, kolera dan disentri yang disebabkan oleh bakteri *E.coli*.

Peningkatan kepedulian akan dampak pencemar pada perairan, serta target *Millenium Development Goal* (MDG) untuk peningkatan akses terhadap air bersih memerlukan perubahan besar dalam sektor air dan sanitasi. Looker (1998) dalam Volkman (2003) menyatakan dalam dua dasawarsa ke depan penerapan pengolahan limbah sebaiknya mengimplementasikan pengolahan dengan biaya rendah. Air limbah domestik diharapkan dapat dikelola dengan memperhatikan fungsi-fungsi lingkungan, sehingga dapat terserap dalam ekosistemnya sendiri.

Mengacu dari prinsip kerja ekosistem lahan basah alami, lahan basah buatan telah banyak dikembangkan untuk mengolah berbagai pencemar. Lahan basah buatan adalah teknologi sederhana untuk menurunkan pencemaran lingkungan dengan cara pengolahan air tercemar dengan menggunakan tanaman dan mikro-organisme atau fitoremediasi.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik dan efisiensi lahan basah buatan dalam menurunkan pencemar
2. Mengetahui jenis dan peran mikroorganisme mikroorganisme dalam lahan basah buatan tipe SSF
3. Melihat hubungan antara media terhadap peran mikroorganisme dalam mendegradasi pencemar

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

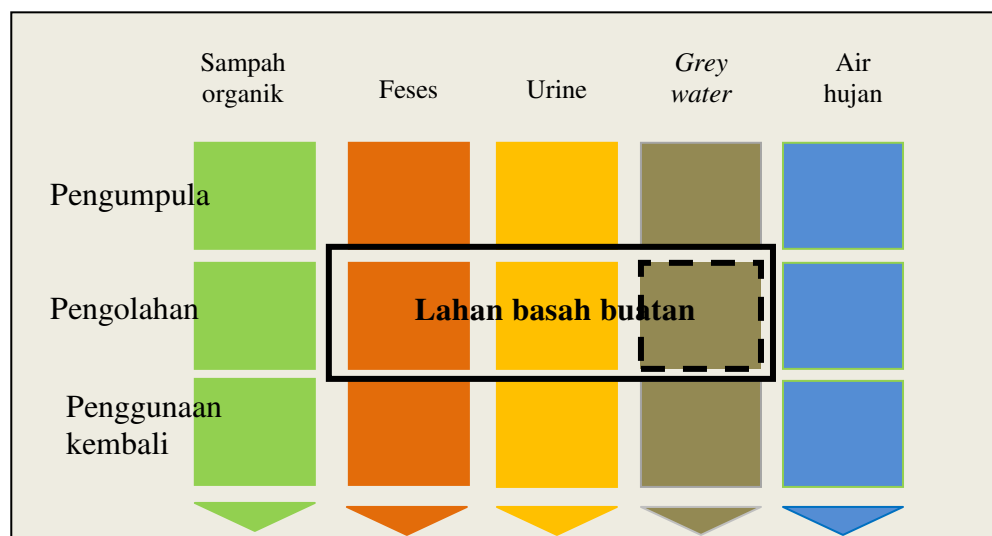
Air limbah berasal dari penggunaan air oleh penduduk. Karakteristik air limbah sangat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya tergantung dari jumlah penduduk, pola hidup dan budaya. Air limbah domestik berasal dari dapur, kamar mandi dan air cucian. Secara fisik air limbah berwarna abu-abu, berbau, mengandung padatan sekitar 0,1% dan 99% berupa air. Dalam air limbah domestik perbandingan bahan organik dan anorganik sekitar 50%. Air limbah tersebut mengandung bahan padatan terlarut lebih besar daripada tersuspensi, sekitar 85-90% komponen anorganik terlarut dan 55-60% komponen organik terlarut. Air limbah mengandung berbagai organisme patogen yang dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit (Metcalf dan Eddy, 1991).

Konsumsi penggunaan air tergantung dari jumlah komunitas, pengembangan kepadatan dan ekonomi. Konsumsi air per orang dalam rumah tangga sekitar 227,124 L/orang.hari (Metcalf & Eddy, 1991) dan menurut Standar kebutuhan air domestik adalah lebih besar dari 210 L/orang.hari (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2003 dan SNI tahun 2002). Sekitar 60-85% dari konsumsi air per orang menjadi air limbah. Karakteristik air limbah rumah tangga terdiri dari warna, padatan, karbohidrat, minyak dan lemak, protein, surfaktan, alkalinitas, klorida, nitrogen, fosfor, sulfur, bakteri dan virus (Metcalf & Eddy, 1991).

Greywater didefinisikan sebagai air limbah domestik yang tidak mengandung limbah dari toilet (Leggert *et al.*, 2001). Termasuk dalam air limbah ini dari bak mandi, shower, tempat cuci tangan, mesin cuci dan dapur (Eriksson *et al.*, 2002). *Greywater* merupakan air yang dapat digunakan sebagai sumber air di perkotaan untuk daur ulang karena memiliki karakter yang rendah-sedang dibanding air limbah domestik lainnya (Jefferson *et al.*, 2004). Rasio BOD:COD dalam *greywater* berkisar antara 0.6-0.8 (Laine, 2002). Dalam hal toksisitas, Eriksson *et al.* (2006) menyatakan bahwa *greywater* tergambar dari kandungan bahan kimianya. Senyawa utama yang digunakan dalam rumah tangga dikategorikan sebagai surfaktan, wewangian dan rasa, pelarut dan pengawet. Semua kategori produk tersebut,

secara tunggal atau kombinasi menimbulkan toksisitas yang berbahaya bagi lingkungan terutama untuk beberapa aplikasi daur ulang *greywater*.

Menggunakan kembali *greywater* merupakan langkah untuk mengamankan pasokan air. Daur ulang air limbah dalam dekade terakhir merupakan bagian dari pengelolaan sumber daya air terpadu, meningkatkan pelestarian air tawar dan mengurangi pencemaran (Environment Agency, 2001 dalam Kadewa, 2010). Gambar 2.1 sumber limbah, air limbah dan air hujan yang dapat digunakan kembali.



Gambar 2.1 Sumber limbah, air limbah dan air hujan yang dapat digunakan kembali (Sumber: GTZ, 2010)

Daur ulang dalam skala komunal membantu meminimalkan biaya modal dan operasional pada sistem terpusat, karena air masih dipertahankan pada lingkaran terdekat (Jefferson et al., 1999 dalam Kadewa, 2010). Secara psikologis, daur ulang dalam skala komunal juga disukai karena kebanyakan orang merasa nyaman berurusan dengan air limbah mereka sendiri (Jeffrey dan Jefferson, 2001). Tantangannya adalah merancang pengolah air limbah skala kecil dengan teknologi mudah, yang dapat menangani *greywater* dan perlunya ada kajian apakah sistem ini dapat berfungsi sebagai pendukung dari sistem terpusat

Persepsi masyarakat untuk menggunakan air daur ulang tergantung dari keyakinan keamanan penggunaan air tersebut. Beberapa studi yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa penggunaan kembali *greywater* terolah jika standar kualitas terjamin. Daur ulang *greywater* telah dimanfaatkan untuk pembilasan toilet di hotel dan irigasi lansekap (Intelegen Global Water, 2010).

Tabel 2.1 Klasifikasi tingkat pencemaran berdasarkan kualitas air limbah domestik

No.	Parameter	Satuan	Tingkat pencemaran		
			Berat	Sedang	Ringan
1	Padatan total	mg/L	1200	700	350
2	Padatan terlarut	mg/L	850	500	250
	a. Fixed	mg/L	525	300	145
	b. Volatile	mg/L	325	200	105
3	Padatan tersuspensi	mg/L	350	200	100
	a. Fixed	mg/L	75	50	30
	b. Volatile	mg/L	275	150	70
4	<i>Settleable solid</i>	mg/L	20	10	5
5	BOD	mg/L	300	200	100
6	Total Organic Carbon (TOC)	mg/L	200	135	65
7	COD	mg/L	1000	500	250
8	Total Nitrogen	mg/L	85	40	20
	a. Nitrogen organik	mg/L	35	15	8
	b. Amonia bebas	mg/L	50	25	12
	c. Nitrit	mg/L	0	0	0
	d. Nitrat	mg/L	0	0	0
9	Total Fosfor	mg/L	20	10	6
	a. Fosfor organik	mg/L	5	3	2
	b. Fosfor anorganik	mg/L	15	7	4
10	Klorida	mg/L	100	50	30
11	Alkalinitas	mg/L	200	100	50
12	Lemak	mg/L	150	100	50

Sumber: Tchobanoglous dan Burton, 1991

Tabel 2.2 Karakteristik air limbah domestik *greywater*

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	pH		5-8,7
2	BOD	mg/L	33-620
3	Orthofosfat	mg/L	1,4-35
4	Total Nitrogen	mg/L	0,6-50
5	Nitrat	mg/L	0-4,9
6	Kekeruhan	NTU	20-140
7	TDS	mg/L	420-1700
8	Ammonia	mg/L	0,15-4,5
9	TSS	mg/L	20-1500
10	Fecal coliform	cfu/100 mg	10-1,4x10 ⁶

Sumber: Dallas, 2005

Persyaratan teknis pengaturan pengolahan air limbah domestik meliputi sistem pengolahan air limbah secara biologis. Pengolahan air limbah domestik meliputi jenis pengolahan

individual, semi komunal dan komunal. Dalam kegiatan pengelolaan air limbah domestik masyarakat berhak berperan serta dalam proses perencanaan pengelolaan air limbah, memperoleh informasi tentang kebijakan dan rencana pengembangan pengelolaan air limbah domestik serta melaksanakan kegiatan pengelolaan (Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibu Kota Jakarta No. 122 Tahun 2005).

2.2 Mikroorganisme dalam Lahan Basah Buatan

Mikroorganisme mempunyai peran yang sangat penting dalam proses penguraian limbah dalam air. Melalui tahap analisa mikrobiologi di laboratorium berhasil diidentifikasi bakteri/mikroorganisme berdasarkan genusnya yang hidup dalam air limbah. Kontribusi dari mikroorganisme itu sendiri sebagai pengurai bahan-bahan organik dalam air. Mikroorganisme tersebut membantu terjadinya proses *nitrifikasi* dengan memanfaatkan nitrogen yang menghasilkan senyawa nitrat (NO_3^-) di dalam air dan semakin tinggi zat organik dalam air, maka nilai nitrat pun akan semakin tinggi.

Tabel 2.1 Identifikasi Bakteri Mikroskopis pada Lahan Basah Buatan

No urut Bakteri	Mikroskopik - Bentuk bakteri	Gram		Genus
		Negatif	Positif	
1	Batang pendek	Negatif		<i>Moraxella, Brucella, Bordetella</i>
2	Batang lurus	Negatif		-
3	Batang	Negatif		<i>Pseudomonas</i>
4	Batang pendek/panjang	Negatif		<i>Acinetobacter</i>
5	Batang kecil	Negatif		<i>Actinobacillus, Pasteurella, Necromonas</i>
6	Coccus		Positif	<i>Micrococcus</i>
7	Coccus		Positif	<i>Staphylococcus</i>
8	Batang	Negatif		<i>E.Coli</i>
9	Khamir			<i>Sacharomycescereveae</i>
10	Kapang			<i>Trikoderma viridie</i>

Sumber: Hendrawan, 2007

Masing-masing jenis mikroorganisme mempunyai peran berbeda. Seperti halnya kapang/jamur, mikroorganisme ini diketahui mempunyai kemampuan untuk mereduksi atau menghilangkan zat warna dan senyawa tannin. Jenis mikroorganisme lainnya seperti *Micrococcus* dan *Actinobacillus* diketahui dapat menghasilkan probiotik yang merupakan bahan cairan atau cairan yang mengandung hara makro dan mikro yang diperlukan untuk

memacu pertumbuhan tanaman. Dengan demikian keberadaan mikroorganisme menyebabkan tanaman *Thypha* tumbuh dengan subur (Hendrawan, 2007).

Escherichia coli merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan atau manusia. Oleh karena itu, dikenal juga dengan istilah koli tinja, sedangkan *Enterobacter aerogenes* biasanya ditemukan pada hewan atau tanam-tanaman yang telah mati. Bakteri *Escherechia coli* merupakan mikroorganisme normal yang terdapat dalam kotoran manusia, baik sehat maupun sakit. Dalam satu gram kotoran manusia terdapat sekitar seratus juta bakteri *E. coli*.

2.3 Lahan Basah Buatan

Lahan basah buatan (*Constructed Wetland*) merupakan sistem yang digunakan untuk mengolah limbah pemukiman, perkotaan, industri dan pertanian. Terdapat dua sistem yang dikembangkan saat ini yaitu *Free Water Surface System* (FWS) dan *Sub-surface Flow System* (SSF). Lahan basah buatan diketahui mempunyai beberapa manfaat seperti pengolahan yang efektif dan bangunan yang kokoh, hemat energi, biaya lebih murah dibandingkan dengan sistem konvensional, memberikan nilai estetika, komersial dan dapat berfungsi sebagai habitat kehidupan liar dengan berkembangnya flora dan fauna yang dapat beradaptasi.

Prinsip pengolahan limbah dalam lahan basah buatan untuk menguraikan limbah dalam bentuk *Particulat Organic Carbon* (POC), *Dissolved Organic Carbon* (DOC), *Dissolved Inorganic Carbon* (DIC) , *Volatile Organic Carbon* (VOC) dan *Particulate Inroganic Carbon* (PIC). Mekanisme konversi biokimia berlangsung untuk merubah konsentrasi dan komposisi bahan organik biodegradable di lahan basah melalui mineralisasi, gasifikasi dan produksi bahan organik melalui sintesis dari biomassa baru. Organisme akan mengkonsumsi bahan organik (dan materi anorganik) dalam rangka mempertahankan hidup dan bereproduksi. Bahan organik berfungsi sebagai sumber energi membangun biomassa melalui proses sintesis. Akhir dari reaksi adalah terbentuknya bahan di dalam sistem. Energi adalah kunci di dalam sistem biokimia, dan reaksi yang terjadi diklasifikasikan sebagai kemotropik atau fototropik tergantung dari sumber energi kimia atau cahaya matahari. Lahan basah alami maupun lahan basah buatan keduanya dapat digunakan dalam sistem pengolahan limbah cair dan efisien dalam sistem pemurnian air dan sebagai tempat nutrisi (EPA, 2000).

Efisiensi kinerja lahan basah buatan sangat dipengaruhi oleh desain, substrat, tanaman dan waktu tinggal. Prinsip kriteria desain untuk sistem lahan basah buatan terdiri dari waktu

tinggal hidrolik, kedalaman kolam, geometri kolam (panjang dan lebar), BOD *loading rate* dan *hydraulic loading rate*. Kriteria disain lahan basah buatan tertera pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kriteria disain lahan basah buatan

Parameter disain	Satuan	Tipe sistem	
		FSW	SSF
Waktu tinggal hidrolik	hari	4-15	4-15
Kedalaman air	m	0,09-0,6	0,3-0,8
BOD <i>loading rate</i>	kg/ha.hari	<67,25	<67,25
<i>Hydraulic loading rate</i>	m ³ /m ² .hari	0,014-0,047	0,013-0,044
Luas area	Ha/(10 ³ m ³ /hari)	7,16-2,14	7,16-2,14

Sumber: Metcalf & Eddy, 1991

2.4 Proses Pengolahan dalam Lahan Basah Buatan

Proses pengolahan yang terjadi pada sistem ini adalah filtrasi, absorpsi oleh mikroorganisme, dan absorpsi oleh akar-akar tanaman terhadap bahan organik dalam tanah (Novotny dan Olem, 1994). Tipe pengaliran air limbah pada umumnya secara horizontal, karena jenis ini memiliki efisiensi pengolahan terhadap *suspended solid* dan bakteri lebih tinggi dibandingkan tipe yang lain. Hal ini disebabkan karena daya filtrasinya lebih baik. Penurunan BOD nya juga lebih baik karena kapasitas transfer oksigen lebih besar (Khiattudin, 2003).

Tipe tanaman akan mempengaruhi reduksi pencemar. Tanaman yang digunakan sebaiknya memenuhi 4 fungsi utama yaitu sebagai filter bahan padatan tersuspensi, sebagai tempat pertumbuhan bakteri, oksigen yang masuk kedalam akar berfungsi meningkatkan efisiensi penguraian polutan oleh bakteri pengurai dan memelihara substrat (Tchobanoglous, 1987, Brix dalam Moshiri, 1993).

Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada disekitarnya (http://www.scribd.com/bagus_cahyono_2/Phytoremediasi).

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini juga disebut juga *Hyperaccumulation*.
2. *Rhizofiltration* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar..

3. *Phytostabilization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
4. *Rhizodegradation* disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan, misalnya ragi, fungi dan bakteri.
5. *Phytodegradation (phyto transformation)* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau diluar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri.
6. *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai 1000 liter/hari untuk setiap batang.

Waktu tinggal merupakan faktor yang sangat penting. Waktu tinggal 3-5 jam di dalam lahan basah buatan membantu mengurangi fraksi sedimen sedangkan untuk mengurangi bahan organik, bakteri dan bahan racun, paling tidak membutuhkan waktu 24 jam (Ellis *et al.*, 2003). Waktu tinggal berkisar antara 1-10 hari (Kadlec, Bastiaens dan Urban, 1993), 0,25-75 hari tergantung dari luas area dan debit yang masuk (Witthar, 1993) atau minimal 5-10 jam untuk mencapai efisiensi *removal* (Ellis *et al.*, 2003).

Hubungan positif terlihat antara waktu tinggal (*hydraulic loading rate*) dan efisiensi penyisihan total inorganik nitrogen (TIN). Lebih rendah laju pengisian atau lebih panjang waktu tinggal secara umum penyisihan TIN lebih baik. Tingkat penutupan vegetasi juga berpengaruh namun vegetasi tidak memperlihatkan pengaruh yang berbeda (Mc Pherson *et al.*, 1997).

Jenis tanaman air yang tumbuh mengakar di dasar adalah *Pragmites australis*, *Thypha latifolia* dan *Scirpus lacustris*. Spesies ini mempunyai adaptasi morfologi untuk tumbuh dalam sedimen yang terendam air. Keutamaan dari sistem ini adalah suplai oksigen dari mikroorganisme heterotrophic di lingkungan akar sehingga dapat meningkatkan dan

menstabilkan konditivitas hidrolik tanah (Brix dalam Moshiri, 1993). Penelitian Hernandez dan Mitsch (2007) menunjukkan bahwa denitrifikasi tertinggi terjadi pada tempat yang dangkal dengan menggunakan vegetasi jenis mengakar didasar (*emergent macrophyte vegetation*) yang terletak dekat *inflow*.

BAB III

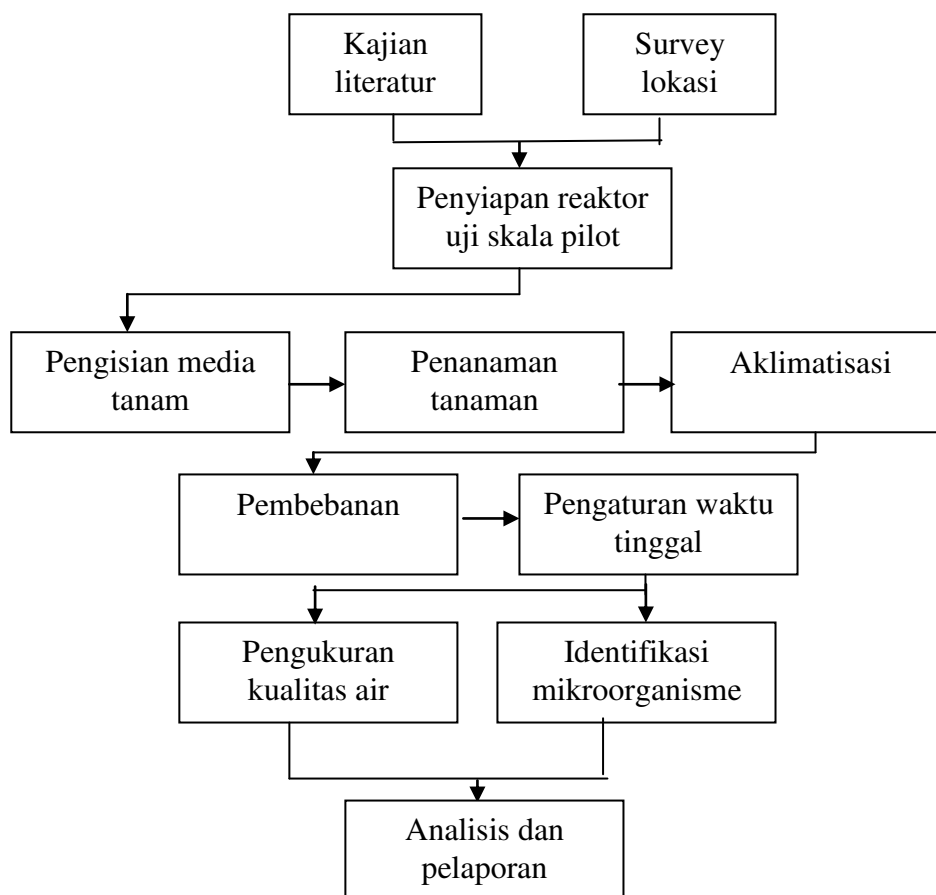
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juli 2014 bertempat di Kelurahan Srengseng Sawah.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Tahapan Penelitian



Gambar 2.1 Tahapan penelitian

Reaktor uji

Percobaan dilakukan secara demplot dengan membangun reaktor uji pada lahan yang telah ditetapkan. Pembuatan dan penempatan lahan basah dilakukan di area permukiman di Srengseng Sawah. Disain lahan basah buatan menggunakan *Emergent Aquatic Macrophyte-Based System* dengan aliran *sub-surface*. Air limbah yang akan dialirkan ke dalam lahan

basah berasal dari saluran drainase masyarakat sekitar. Dimensi lahan basah buatan dengan skala pilot dibuat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi teknis lahan basah buatan

No.	Spesifikasi	Ukuran	Keterangan
Bak pengumpul			
1	Panjang	1 m	
2	Lebar	0,5 m	
3	Dalam	0,6 m	
4	Tinggi lubang sekat	0,1 m	
Lahan basah buatan			
1	Panjang	4 m	Dimensi 4:1 Kadlec, Bastiaens dan Urban, 1993
2	Lebar	1 m	
3	Dalam kolam	1 m	
4	Dalam air (dari dasar kolam)	0,6 m	
5	Jenis aliran		<i>subsurface flow system</i>
6	Perlakuan pada media		
a	Lapisan dasar (susunan dari bawah ke atas)		
	• Kerikil	0,2 m	
	• Pasir	0,2 m	
	• Tanah	0,25 m	
b	Kontrol		
	• Kerikil	0,2 m	
	• Pasir	0,3 m	
	• Tanah	0,15 m	
7	Jenis tanaman		<i>Thypha sp</i>
Bak outlet			
1	Panjang	0,5 m	
2	Lebar	0,5 m	
3	Dalam	0,6 m	

Media tanam

Media tanam disusun sesuai dengan fungsi masing-masing, yaitu kerikil berfungsi sebagai filter dan rongga yang tersusun antar kerikil memungkinkan oksigen masuk sampai ke dasar. Pasir berfungsi sebagai penyaring yang efektif. Sedangkan tanah subur berfungsi untuk pertumbuhan mikroorganisme dan tanaman air.

Tanaman

Tanaman yang dipakai adalah *Typha latifolia*, berumur 1,5 bulan dengan tinggi awal rata-rata 130 cm, lingkaran batang 12 cm dengan jumlah batang dalam rumpun sebanyak 8 batang. Setelah unit lahan basah buatan siap dan dilakukan penanaman tanaman air sebanyak 20

tanaman. Pola penanaman dilakukan zigzag untuk mengatur pola aliran. Tanaman dibiarkan beradaptasi selama 10 hari dengan menggunakan air bersih.

Aklimatisasi

Aklimatisasi dimaksudkan untuk mengadaptasikan unit penelitian untuk proses pengolahan limbah. Aklimatisasi dilakukan agar sistem menjadi stabil terutama tanaman sebagai penyerap utama pencemar. Agar tanaman air dapat berkembang dengan baik dan tidak terjadi pembaban tiba-tiba (*shock loading*) maka dilakukan pentahapan dalam pengisian air limbah, dengan komposisi awal berupa 30 % air limbah dan 70 % air bersih dan terus ditingkatkan sampai kira-kira tanaman dapat beradaptasi dengan air limbah selanjutnya komposisi air limbahnya diatur menjadi 100 %. Kondisi tunak (*steady state*) diketahui jika secara visual tanaman tidak layu atau mati tetapi terlihat mulai tumbuh dan mampu beradaptasi. Waktu aklimatisasi dilakukan secara bertahap selama 10 hari.

Pengaliran air limbah

Pengaliran air limbah dari saluran penduduk bertujuan untuk mengetahui *loading* yang akan masuk ke lahan basah buatan. Pengaliran disesuaikan dengan dimensi unit yang ada. Air limbah dari saluran drainase akan dialirkan ke dalam lahan basah dengan memanfaatkan grafitasi dan sistem aliran alami. Pengukuran kualitas air dari saluran drainase dilakukan untuk mengetahui waktu beban puncak air limbah permukiman yang dikeluarkan dan besarnya pembebanan ke lahan basah buatan.

Pengaturan Waktu Tinggal (T_d)

Setelah aklimatisasi selesai selanjutnya dilakukan pengaliran air limbah. Aliran yang digunakan pada lahan buatan menggunakan aliran bawah permukaan (*subsurface*).

Karakteristik air limbah

Pengambilan sampel air limbah dilakukan untuk mengetahui besar beban yang masuk (*organic loading*) dan karakteristik limbahnya. Lokasi pengambilan pada bagian inlet sebelum bercampur dengan air dalam kolam pengendap dan pada bagian outlet.

3.2.2 Pengukuran Parameter Uji

Parameter yang diukur pada penelitian ini meliputi parameter fisik, kimia dan biologi.

Tabel 2.2 Parameter yang diukur pada lahan basah buatan

No	Parameter	Satuan	Metode
1	TSS	mg/L	Gravimetri
2	TDS	mg/L	Gravimetri
3	pH	unit	pH meter
4	BOD ₅	mg/L	Winkler
5	COD	mg/L	Bichromat
6	Total P	mg/L	Spektrofotometrik
7	Total N	mg/L	Spektrofotometrik
9	Mikroorganisme	MPN/100 ml	<i>Standard Plate Count</i>

3.3 Analisis data

Data yang didapat ditabulasi, dibandingkan dengan baku mutu dan dianalisis secara deskriptif.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Studi

Penelitian dilakukan di RW 8 Kelurahan Srengseng Sawah, Kecamatan Jagakarsa, Jakarta Selatan. Luas Kelurahan Srengseng Sawah 674,70 Ha dengan jumlah penduduk kurang lebih 51.565 jiwa yang tersebar dalam 19 RW (Rukun Warga) dengan kepadatan penduduk 6.954 penduduk/km². Kelurahan ini berbatasan dengan Kelurahan Lenteng Agung/Kelurahan Jagakarsa di sebelah utara, Kelurahan Cipadak/Kelurahan Ciganjur di sebelah barat, Kelurahan Lenteng Agung/Kali Ciliwung di sebelah timur dan Depok, Jawa Barat di sebelah selatan.

Kelurahan Srengseng Sawah merupakan kelurahan terluas di Kecamatan Jagakarsa (26,99%), dengan penggunaan tanah untuk perumahan 54,26% dan lainnya 45,75%. Jumlah industri kecil sebanyak 5 buah dan industri rumah tangga sebanyak 12 buah. Lahan pertanian seluas 200 ha berupa kebun umumnya ditanami dengan rambutan, pisang dan belimbing. Data geografis, iklim dan jumlah penduduk disajikan pada Tabel 4.1

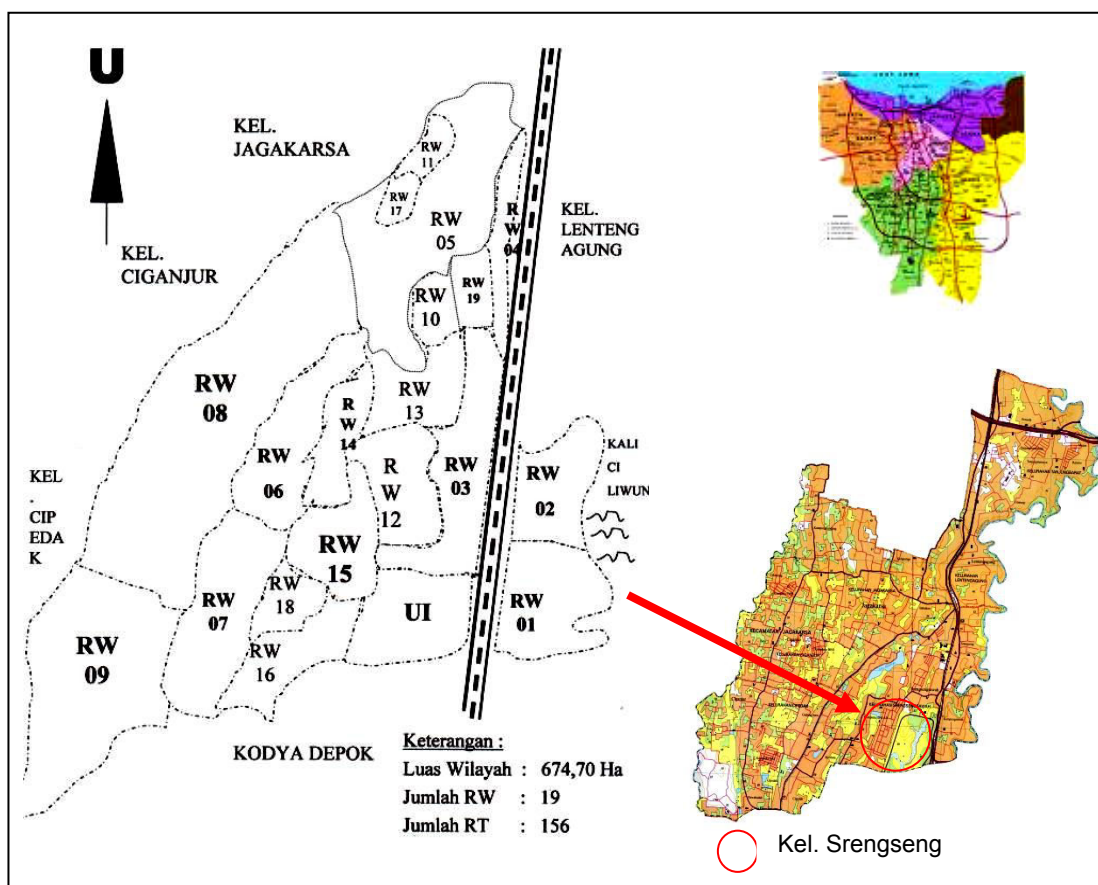
Data geografi, iklim dan jumlah penduduk menjadi suatu pertimbangan dalam penempatan lahan basah buatan. Curah hujan yang relatif tinggi dan letak geografis Kelurahan Srengseng Sawah di selatan Jakarta, merupakan daerah resapan air.

Tabel 4.1 Data Geografi, Iklim Dan Penduduk di Kelurahan Srengseng Sawah

No.	Keterangan	Nilai
Geografi dan Iklim		
1	Luas Wilayah (km ²)	6,75
2	Penggunaan Tanah (%)	
	a) Perumahan	54,26
	b) Industri	-
	c) Lainnya	45,75
3	Rata-rata keadaan iklim	
	a) Curah hujan (mm)	2268,8
	b) Hari hujan	175
	c) Rata-rata hujan (mm/hari)	75
	d) Temperatur (°C)	23,2 – 33
	e) Kelembaban Udara (%)	79

No.	Keterangan	Nilai
f)	Penyinaran matahari (%)	55
g)	Tekanan udara (mb)	1009,3
h)	Arah angin (°)	138
i)	Kecepatan angin (knot)	02
4	Ketinggian dari permukaan laut (m)	50
Penduduk		
5	Jumlah kepala keluarga	10733
6	Kepadatan penduduk per km ²	6.954
7	Jumlah RW	19
8	Jumlah RT	156

Sumber : Kecamatan Jagakarsa dalam Angka, 2013



Gambar 2.2. Kelurahan Srengseng Sawah

Kondisi fisik Kelurahan Srengseng Sawah terletak pada ketinggian 35-60 m di atas permukaan laut (dpl). Kondisi fisiografinya terdiri atas wilayah agak datar (kelerengan 1-3%), agak datar hingga bergelombang (kelerengan 3-8%) dan wilayah bergelombang (kelerengan 8-15%). Secara umum, wilayah agak datar seluas 440,23 ha (79,06%) dan wilayah agak datar hingga bergelombang 234,47 ha (20,94%).

4.2 Karakteristik Air Limbah

Air limbah yang masuk ke lahan basah buatan berasal dari permukiman. Perkotaan dalam konteks penelitian ini adalah kota dengan karakteristik masyarakat dan aktivitasnya yang beragam yang akan menghasilkan limbah yang khas perkotaan. Kriteria yang dipakai adalah *hydraulic loading* dimana penduduk perkotaan memakai 210 l air/orang/hari dan 75% menjadi air limbah, sedangkan *organic loading* selain mengandung bahan organik *biodegradable* juga *persistent*. Mengingat bahwa pada semua rumah di lokasi penelitian telah memiliki *septic tank*, maka air limbah yang dihasilkan adalah *greywater*.

Karakteristik air limbah yang masuk ke unit lahan basah buatan berfluktuasi bergantung dari pemakaian air bersih. Karakteristik air limbah juga dipengaruhi oleh aliran air yang membawa bahan pencemar. Debit rata-rata yang masuk ke lahan basah buatan 0,79 m³/hari.

Karakteristik air limbah yang diukur menggambarkan kegiatan permukiman di perkotaan. Selain kandungan bahan organik, umumnya permukiman di perkotaan memakai bahan-bahan rumah tangga yang mengandung bahan kimia organik seperti desinfektan dan pembersih pakaian, diukur dengan parameter phenol dan deterjen. Parameter khas perkotaan adalah TSS, BOD, COD, ammonia, fosfat, deterjen, minyak dan lemak, fenol dan *fecal coli*. Karakteristik air limbah dibanding dengan baku mutu seperti tertera pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Karakteristik air limbah permukiman RW 8 Kel. Srengseng Sawah dibandingkan dengan karakteristik *greywater*

No	Parameter	Satuan	Kualitas air limbah	Karakteristik <i>greywater</i>	Baku mutu *)	Baku mutu**)
1	pH	-	6,9-7,2	5-8,7	-	6-9
2	TSS	mg/l	23,00-50,33	20-1500	50	100
3	BOD	mg/l	151,85-286,04	33-620	50	100
4	COD	mg/l	210,07-320,70	-	80	-
5	Deterjen	mg/l	4,09-11,92	-	2	-
6	T-N	mg/l	12,38-25,87	0,6-50	-	-
7	T-P	mg/l	0,96-3,89	-	-	-

*) BM: Kep Gub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

**) BM: Kep Men LH No. 112 Tahun 2003

Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa pH berkisar antara 6,9-7,2, *Total Suspended Solid* (TSS) berkisar antara 23-50,33 mg/l, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) berkisar antara 151,85-

286,04 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD) berkisar antara 210,07-320,70 mg/l, deterjen berkisar antara 4,09-11,92 mg/l, Total Nitrogen (T-N) berkisar antara 12,38-25,87 mg/l, Total-Fosfat (T-P) berkisar antara 0,96-3,89 mg/l, fenol berkisar antara 0,025-0,22 mg/l dan minyak lemak berkisar antara 15,67-42,67 mg/l. Berdasarkan karakteristiknya, kualitas air limbah termasuk dalam air limbah domestik jenis *greywater* menurut Dallas (2005) dengan tingkat pencemaran ringan-sedang menurut klasifikasi Tchobanoglous dan Burton (1991). Kegiatan yang berpotensi mencemari perairan di sekitar lokasi penelitian, selain aktivitas rumah tangga juga terdapat warung-warung makanan dan *laundry*. Perbandingan nilai BOD dan COD sebesar 0,82 yang berarti bahwa air limbah domestik ini bersifat *biodegradable*, sehingga mudah diuraikan secara biologis.

Total Suspended Solid (TSS) limbah berkisar antara 23-55 mg/l sedangkan baku mutu 50 mg/l, sehingga masih berkisar di baku mutu. BOD berkisar antara 151,85-286,04 mg/l sedangkan baku mutu 50 mg/l. COD berkisar antara 210,07-320,70 mg/l sedangkan baku mutu 80 mg/l. Deterjen berkisar antara 4,09-11,92 mg/l sedangkan baku mutu 2 mg/l dan minyak lemak berkisar antara 15,67-42,67 mg/l sedangkan baku mutu 10 mg/l.

4.3 Penyisihan pencemar dan Perbaikan Kualitas Air

Efisiensi kinerja reaktor dapat dilihat dari persentase penyisihan pencemar. Tabel 4.3 berikut memperlihatkan persentase penyisihan pencemar dan standar deviasi penyisihan pencemar dari tiap parameter

Tabel 4.3 Efisiensi kinerja lahan basah buatan

No	Parameter	Efisiensi (%)	Penyisihan (%)
1	TSS	38-74	61,62±10,44
2	BOD ₅	58-91	75,56±7,06
3	COD	58-91	74,12±8,03
4	Deterjen	39-94	81,53±6,80
5	T-N	62-89	76,37±6,07
6	T-P	53-95	85,26±11,35

Kinerja lahan basah buatan tipe SSF dapat menurunkan kadar pencemar. Perbaikan kualitas air ditandai dengan turunnya pencemar sampai tingkat yang aman sesuai dengan baku mutu. Tabel 4.4 berikut memperlihatkan kualitas air influen dan effluen lahan basah buatan

dibanding dengan baku mutu menurut Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air Serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Tabel 4.4 Perbandingan kualitas air influen dan effluen lahan basah buatan terhadap Baku Mutu

No.	Parameter	Satuan	Influen	Effluen	BM*)	BM**)
1	TSS	mg/l	23,00-50,33	5,33-23,94	50	100
2	BOD	mg/l	151,85-286,04	17,26- 79,90	50	100
3	COD	mg/l	210,07-320,70	20,15-95,36	80	
4	Deterjen	mg/l	4,09-11,92	0,46-2,46	2	
5	T-N	mg/l	12,38-25,87	2,57-7,41		
6	T-P	mg/l	0,96-3,89	0,013-1,085		

*) BM: Kep Gub DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 **) BM Kep Men LH No. 112 Tahun 2003

Kualitas air limbah yang masuk ke lahan basah buatan melebihi baku mutu. Kinerja lahan basah buatan memperlihatkan bahwa pencemar dalam air limbah dapat diturunkan dan air yang keluar setelah pengolahan telah sesuai dengan baku mutu yang ditentukan.

4.4 Mikroorganisme yang Terdapat di Lahan Basah Buatan

Mikroorganisme berperan besar dalam proses degradasi pencemar. Beberapa jenis mikroorganisme yang terdapat dalam lahan basah buatan tipe SSF ini adalah *Pseudomonas aeruginosa*, *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* dan *Staphylococcus*.

Pseudomonas aeruginosa mampu menghasilkan biofilm yang mempercepat waktu reduksi senyawa organik dalam air limbah. *Pseudomonas aeruginosa* dapat mengeluarkan enzim proteolitik dan lipolitik yang berfungsi untuk mendegradasi protein dan lemak (Suarsini, 2007 dalam Wignyanto, 2009). Biofilm juga berguna untuk proteksi bagi komunitas bakteri terhadap predator (protozoa) (Labbate, 2004 dalam Wignyanto, 2009). Dianursanti (2004) menyatakan bahwa *P. aeruginosa* juga mampu tumbuh di lingkungan yang mengandung hidrokarbon,. sehingga bakteri ini dapat digunakan untuk mendegradasi pencemar hidrokarbon yang ada di lingkungan perairan.

E. coli merupakan bakteri yang berfungsi mendegradasi bahan organik melalui pembusukan. Bakteri *E.coli* dapat dikurangi atau dihilangkan dengan beberapa metode. Penggunaan saringan pasir lambat dapat menurunkan kandungan bakteri *E. coli* hingga 97.1% dalam waktu 60 hari (Supriyanto, dkk,2008). Penggunaan material fotokatalis $\text{TiO}_2\text{:KA}$, yaitu TiO_2 yang dilapiskan pada karbon aktif, pada sistem penjernih air telah berhasil mereduksi bakteri *E.coli* sampai 100% setelah proses penjernihan selama 3 jam (Maresta, 2010). Sedangkan penggunaan TiO_2 yang disinari Ultra Violet (UV) mampu menghilangkan bakteri *E. coli* hingga 100% dalam waktu 15 menit (Ratih, 2008). Pengolahan air yang mengandung bakteri melalui ozonisasi dengan waktu kontak ozon selama 8 menit atau kadar ozon dalam air sebesar $5,7 \times 10^{-2} \mu\text{g}$ mampu mengurangi bakteri *E. coli* sebesar 97,2% (Nathanael, 2010). Saringan pasir-bio (biosand filter) mampu mengurangi bakteri *E. Coli* hingga 93% di Republik Dominika (Stauber dkk, 2006). Garcia *et al.* (2008) melakukan penelitian untuk membandingkan pemanfaatan lahan bawah buatan *Free Water Surface* (FWS) dengan *Sub-Surface Flow* (SSF) di Spanyol pada Desember 2004-September 2005 menyatakan bahwa pengurangan protozoa pathogen sebesar 98% dengan menggunakan lahan basah buatan SSF.

Bacillus subtilis mempunyai kemampuan untuk membentuk endospora yaitu lapisan tipis pada dinding spora yang protektif yang memberi kemampuan bakteri tersebut mampu hidup pada keadaan yang ekstrim. *B. subtilis* menghasilkan enzim proteolytic yang subtilisin. *B. subtilis* spores dapat hidup pada kondisi yang ekstrim dan menyebabkan kekentalan yang lengket, membentuk benang yang disebabkan oleh bakteri produksi panjang rantai [polysaccharides](#). *B. subtilis* juga berhubungan erat dengan akar tanaman. *B. subtilis* dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena dapat menahan masuknya mikroba lain yang merugikan tanaman, mengaktifkan sistem pertahanan tanaman sehingga tahan melawan potensi pathogen dan membuat sediaan nutrisi tertentu bagi tanaman seperti fosfor dan nitrogen. Prasasad dan Manjunath (2011) menyatakan bahwa *B. subtilis* dapat mendegradasi lemak yang berasal dari limbah peternakan, industri minyak, industri sabun dan rumah tangga.

Clostridium chauvoei merupakan salah satu mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik dalam tanah dan lingkungan alam lainnya. *Clostridia* kebanyakan motil dengan pengaturan seragam flagela. Para endospora yang diproduksi oleh *Clostridia* adalah struktur dorman mampu bertahan untuk jangka waktu yang lama, dan memiliki kemampuan untuk membangun kembali pertumbuhan vegetatif bila kondisi lingkungan memungkinkan.

Habitat yang mengandung banyak bahan organik memberikan kondisi yang optimal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Enzim ekstraseluler yang disekresikan oleh banyak spesies, memungkinkan organisme untuk memanfaatkan berbagai macam substrat alam yang kompleks di lingkungan.

Clostridium septicum merupakan bakteri mikroflora manusia dan ditemukan di hampir semua habitat yang bersifat anoksik dimana ada senyawa organik. Dalam kondisi yang tidak menguntungkan, *C. septicum* membentuk endospora yang memungkinkan untuk bertahan hidup dalam kondisi suhu ekstrim, lahan kering dan kurang nutrisi.

Jenis-jenis bakteri yang ditemukan di lahan basah buatan ini terbukti merupakan jenis mikroorganisme yang memberikan manfaat pada proses penguraian bahan pencemar yang masuk.

4.5 Peran Media dalam Penyisihan Pencemar

Media memainkan peranan besar dalam menyisihkan pencemar. Aliran air limbah secara horizontal melewati media akan terjadi proses adsorpsi pencemar. Media kerikil dan pasir sudah banyak digunakan sebagai penyaring dan terbukti efektif untuk menjernihkan air (menyisihkan *total suspended solid*). Tanah lapisan atas mempunyai potensi dalam mendegradasi pencemar. Kedalaman tanah efektif adalah kedalaman tanah yang dapat ditembus oleh akar tanaman. Kedalaman tanah yang digunakan untuk penelitian ini adalah 0,25 m yang menurut Arsyad (1989) merupakan kedalaman dangkal. Lapisan tanah yang dipakai pada penelitian ini adalah *top soil* (merupakan lapisan tanah atas dengan ketebalan 15-35 cm). Lapisan *top soil* ini mengandung mikro fauna dan makro fauna yang berfungsi membantu menyuburkan tanah. Mikro fauna tanah meliputi Protozoa dan Rotifera sedangkan makro fauna meliputi herbivora seperti Annelida (cacing tanah), Diplopoda (kaki seribu) dan Insecta (serangga). Lapisan tanah pada lahan basah buatan ini banyak ditemukan cacing tanah. Keberadaan cacing tanah ini berpengaruh pada struktur tanah menjadi gembur yang mempunyai porositas tinggi. Dengan demikian akan menyebabkan mikro flora dan mikro fauna pendekomposer melimpah dan meningkat aktifitasnya, sehingga akan meningkatkan kesuburan tanah.

Tekstur tanah berpengaruh pada daya serap dan daya tampung air. Porositas tanah yang dipakai pada penelitian ini adalah 0,65 sehingga air yang melewatinya akan terserap secara perlahan dan memberikan waktu kontak dengan mikroba untuk melakukan proses degradasi pencemar. *Top soil* dapat berfungsi sebagai lingkungan yang cocok bagi terlaksananya degradasi bahan-bahan organik ditandai dengan tingginya kandungan liat, unsur C, N dan kemampuan tukar kation. Keberadaan N dan P yang sesuai dalam *top soil* mempermudah tanaman dalam menyerap unsur tersebut. Nilai C/N merupakan hasil perbandingan antara karbohidrat dan nitrogen. Nilai ideal N/P adalah 12. Kemampuan Tukar Kation (KTK) menggambarkan banyaknya kation yang dapat diserap oleh tanah per satuan berat tanah.. Kation adalah ion bermuatan positif seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , NH_4^{+} , H^{+} , Al^{3+} dan sebagainya. Di dalam tanah kation-kation tersebut terlarut di dalam air tanah atau diserap oleh koloid-koloid tanah. Semakin besar nilai KTK, semakin baik penyerapan kation oleh tanah. Nilai KTK *top soil* adalah 18,75. Sifat fisik dan kimia tanah tersebut dapat digunakan sesuai dengan kemampuan yang dibebankan kepadanya. Ke dalam tanah ini juga terdapat kompos (dengan kandungan N sebesar 1,08 %, P sebesar 3,90 %, C/N sebesar 13,02 % dan KTK sebesar 98,47 meq/100gr, Ediyono, 2006).

Penambahan kompos dalam media tanam dalam lahan basah buatan membantu kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dan mempercepat pertumbuhan tanaman. Kesehatan tanaman berpengaruh pada penyerapan pencemar yang telah terdegradasi. Setyorini (2003) menyatakan, aktivitas mikroorganisme pada kompos menghasilkan hormon-hormon pertumbuhan, misalnya auksin, giberelin, dan sitokinin yang memacu pertumbuhan dan perkembangan akar-akar rambut sehingga daerah pencarian makanan lebih luas. Selanjutnya Ediyono (2006) menyatakan semakin baik kualitas kompos, semakin tinggi hasil panen. Nguyen *et al.* (2012) menyatakan penambahan kompos akan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi stress.

Pada media lahan basah buatan biasanya terjadi penyumbatan (*clogging*) yang dipengaruhi oleh sifat-sifat media dan karakteristik air limbah. Penyumbatan pada media menyebabkan resistensi terhadap aliran, oleh karena itu diperlukan perawatan. Dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan media alternatif berupa agregat tanah liat dengan porositas yang tinggi yang akan berpengaruh pada adhesi biofilm yang lebih baik (Albuquerque *et al.*, 2009 dalam Taleno, 2012). Pengaturan porositas media pada penelitian ini dengan porositas kerikil 0,42; pasir 0,39 dan campuran *top soil*, pasir, kompos dan lumpur 0,65 terbukti dapat

mengurangi efek penyumbatan. Selain itu, pemanenan tanaman 3 bulan sekali disertai sedikit pengadukan pada lokasi pengangkatan tanaman ikut membantu menggemburkan media.

Perbandingan antara kerikil:pasir:tanah dalam media ikut mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam lahan basah buatan. Hasil penelitian Sirianuintapiboon (2006) memperlihatkan bahwa pertumbuhan mikroorganisme lebih besar 71% pada komposisi tanah:pasir 75:25 dibanding tanah:pasir 25:75. Pengoperasian sistem dengan HRT lebih dari 3 hari tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam efisiensi pencemar (Tchobanoglous & Burton, 1993; Stottmeister *et al*, 2003 dalam Sirianuintapiboon, 2006). Waktu tinggal yang lebih cepat (0,75-1,5 hari) dipengaruhi oleh pasir dalam media (Ronald, 1994; Tchobanoglous & Burton, 1993; Tanner *et al*, 1995; Drizo *et al*, 1997 dan Lei, 2001 dalam Sirianuintapiboon, 2006). Penghilangan pencemar pada tanah berpasir lebih cepat daripada tanah halus, namun efisiensi lebih tinggi pada tanah halus dari pada tanah berpasir (Borkar dan Mahatme, 2011). Media tanah akan mendukung pertumbuhan mikroorganisme untuk proses degradasi pencemar, kerikil dan pasir secara filtrasi akan membantu penghilangan pencemar dengan lebih cepat. Komposisi kerikil, pasir dan tanah terbukti mempercepat penghilangan pencemar dengan waktu tinggal yang lebih singkat.

4.6 Hubungan antara Media dan Mikroorganisme dalam Mendegradasi Pencemar

Keberadaan jamur dan bakteri di tanah bermanfaat bagi tanaman karena 1) berhubungan langsung dengan akar (mikoriza, bakteri pembentuk bintil akar), 2) melakukan perombakan dan pelepasan mineral bahan organik dalam tanah sehingga meningkatkan unsur penting tanah yang dapat diserap oleh tanaman, 3) mengurangi parasit atau organisme yang berbahaya dan 4) menekan pertumbuhan, reproduksi atau penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme melalui interaksi seperti penghambatan kimiawi.

Jamur dan bakteri berbahaya yang merupakan parasit bagi tumbuhan secara alami ada di dalam tanah. Namun mikroorganisme yang merusak biasanya khusus menyerang jaringan tisu tanaman yang lebih tinggi. Oleh karena itu mereka dianggap pesaing lemah terhadap mikroba tanah yang menuntungkan.

Bila bahan organik seperti kompos ditambahkan ke dalam tanah, maka akan meningkatkan sumber makanan (karbon) bagi mikroorganisme tanah jenis saprophytic non-patogen yang bermanfaat. Keberadaan miselia jamur bermanfaat dalam memecah bahan organik pada

lapisan tanah yang lebih dalam.

Kebanyakan interaksi penyakit-host tergantung pada kondisi lingkungan seperti kurangnya oksigen yang masuk ke dalam tanah. Dengan komposisi media tanam dalam lahan basah buatan yang terdiri dari tanah subur yang diberi kompos, pasir dan kerikil, dipastikan bahwa oksigen dapat masuk ke dalam tanah sampai dengan sistem perakaran tanaman.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Media yang terdiri atas kerikil, pasir, *topsoil* dicampur dengan kompos, pasir dan lumpur dengan tanaman *Typha latifolia* dan jenis mikroorganisme yang teridentifikasi seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Eschericia coli*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* dan *Staphylococcus* memperlihatkan kinerja yang baik pada proses penguraian bahan pencemar yang masuk.
2. Efisiensi kinerja lahan basah buatan untuk mereduksi pencemar $\geq 90\%$. Air limbah dapat diturunkan sampai di bawah baku mutu menurut Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003.
3. Media lahan basah buatan yang terdiri *topsoil* yang diberi kompos, pasir dan kerikil berpengaruh positif terhadap keberadaan mikroorganisme. Tanah mineral merupakan bahan kompleks inert bagi organisme hidup. Dengan pemberian kompos mineral dalam tanah meningkat dan dapat meningkatkan mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Keberadaan jamur non-patogen dan bakteri membantu berkembangnya sistem perakaran yang sehat dengan cara melepaskan elemen penting untuk diserap oleh akar dan menekan pertumbuhan mikroorganisme penyebab penyakit.

5.2 SARAN

Saran bagi peneliti selanjutnya prinsipnya adalah terus meningkatkan kinerja lahan basah buatan di perkotaan yang terdiri dari:

1. Penelitian degradasi mikroorganisme pathogen dalam air limbah. Perlu dibuktikan dengan modifikasi media yang telah dilakukan, berapa banyak organisme pathogen dapat terdegradasi;
2. Penelitian laju serapan N dan P oleh tanaman. N dan P diketahui dapat menyebabkan masalah di perairan. Penyerapan N dan P sebagai nutrisi bagi tanaman. Oleh karena itu perlu diketahui berapa besar *Typha latifolia* dapat menyerap N dan P sebagai upaya mendegradasi pencemar.

DAFTAR PUSTAKA

- Brix, J. (2003). *Plants Used In Constructed Wetlands and Their Functions*. 1 St International Seminar on The Use of Aquatic Macrophytes For Wastewater Treatment In Constructed Wetlands. Lisboa.
www.researchgate.net/.../230563384_Plants_used_in_constructed_w... 20 Desember 2012
- Dallas, S.C. (2005). *Reedbeds for the Treatment of Greywater as an Application of Ecological Sanitation in Rural Costa Rica*, Central America. Disertasi. Murdoch University, Western Australia
- Davis, M.L. and Cornwell, D.A. (1991). *Introduction to Environmental Engineering*. Second editon. Mc-Graw Hill. Inc., New York.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). Pedoman Pengelolaan Hibah Air Limbah.
- Ellis, J.B., Shutes, R.B.E dan Revitt, D.M. (2003). *Guidance Manual for Constructed Wetlands*. R&D Technical Report P2-159/TR2. Urban Pollution Research Centre Middlesex University, London. eprints.mdx.ac.uk. www. Environment-agency.gov.uk. 22 Oktober 2012
- Environmental Protection Agency. (2000). Guiding Pinciples for Constructed Wetlands: Providing for Water Quality and Wildlife Habitat. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds Washington, DC water.epa.gov/type/wetlands/constructed/.../guiding-principles.pdf. 9 April 2011.
- GTZ. (2010). *Constructed Wetlands for Greywater and Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Sustainable Sanitation – Ecosan Program. Dag-Hammarskjold-Weg 1-5 65760 Eschborn, Germany.
- Hendrawan, D; Fachrul, M. F; Lindu, M dan Besila, Q. A. 2007. Aplikasi Lahan Basah Buatan Tropis Jenis Aliran Permukaan Untuk Pengolahan Limbah Domestik (Studi Kasus : Waduk Setiabudi, Jakarta). Laporan Penelitian Hibah Bersaing Universitas Trisakti. Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.
- Hernandez, M.E dan Mitsch, W.J. (2007). Denitrification potential and organic matter as affected for vegetation community, wetland age, and plant introduction in Created Wetlands. *Journal Environmental Quality* 36: 333-342
- Jefferson, B., Palmer, A., Jeffrey, P., Stuetz, R. and Judd, S. (2004). Grey water characterisation and its impact on selection and operation of technologies for urban reuse. *Water Science and Technology*, 50(2): 157-164.

- Kadewa, W.W. (2010). *Small-Scale Constructed Wetland For Onsite Light Grey Water Treatment And Recycling*. PhD Thesis. Centre for Water Sciences, Sustainable Systems Department, School of Applied Sciences, Cranfield University
- Kadlec, R.H, Bastiaens, W dan Urban, D.T. (1993). *Hydrolical Design of Free Water Surface Treatment Wetlands* Dalam *Constructed Wetlands for water Quality Improvement*, ed. G. A. Moshiri, (1993) page 77-86. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Khiatuddin, M. (2003). *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjah Mada University Press.
- Laine, A. (2002), *Technologies for grey water recycling in buildings* (unpublished PhD thesis), Cranfield University, Cranfield University.
- Leggert, D. J., Brown, R., Brewer, D., Stanfield, G. and Holliday, E. (2001). *Rainwater and greywater use in buildings: Best practice guidance*, CIRIA C539, CIRIA, London, UK.
- Massoud, M.A; Tarhini, A dan Nasr, J.A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*. Volume 90, issue 1, , page 652-659
- McPherson, G.B; Claus, J.A; Thakral, S.K dan Chen Lai, G.T. (1997). Wetlands application of reclaimend water. *Journal of Water Environment and Technology* 9 (3): 35-51
- Metcalf and Eddy. Inc. (1991). *Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse*. Third Edition. Mc Graw Hill International, New York.
- Moore, J.W. (1991) *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag, New York.
- Tchobanoglous, G. (1987). *Aquatic Plant for Wastewater Treatment : Engineering Considerations*. dalam Smith, W.H and Reddy, K.R., (1987). *Aquatic Plants for Water treatment and Resource Recovery*. Magnola Publishing Inc, Florida.
- Tchobanoglous, G. (1993). *Constructed Wetlands and Aquatic Plant System: Research, Design, Operational, and Monitoring Issues*. Dalam *Constructed Wetlands for water Quality Improvement*, ed. G. A. Moshiri, (1993) page 23-33. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Tchobanoglous, G and Burton, F.L. (1991). *Wastewater Engineering*. Third Edition. McGraw-Hill, New York
- Tchobanoglous, G. (1998). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. McGraw-Gill Book Co-Singapore.
- Volkman, S. (2003). *Sustainable wastewater treatment and reuse in urban areas of the developing world*. Departemen of Civile and Environmental Engineering. Master's International Program. Michigan Technological University. www.cee.mtu.edu/peacecorp.

Witthar, S.R. (1993). *Wetland Water Treatment Systems* Dalam *Constructed Wetlands for water Quality Improvement*, ed. G. A. Moshiri, (1993) page 147-155. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.